

城市轨道交通信号系统概论

党超

南京恩瑞特实业有限公司

[摘要]随着城市化建设的日益发展,城市人口越来越密集,城市轨道交通是解决城市交通的主要手段。而信号系统是保证城市轨道交通列车安全运行的主要部分。城市轨道交通信号系统是保证列车运行安全,实现行车指挥和列车运行现代化,提高运输效率的关键系统设备。我国城市轨道交通信号系统中,普遍采用基于计算机实时控制的ATC(Automatic Train Control,列车自动控制系统),以保证列车运行的安全性以及操作的方便性和灵活性。世界信息技术的最新成果也在城市轨道交通信号系统中得到应用,尤其是近几年基于无线通信的列车运行控制系统也已在国内城市轨道交通信号系统中采用,以及一些新的信号设备及系统,为信号系统中废除传统的轨道电路和地面信号,真正实现无人驾驶的列车自动运行奠定了基础。城市轨道交通信号工程造价高,高科技内容含量高,涉及通信技术、计算机技术、网络技术和远程控制技术等^[1]。

[关键词]城市轨道交通;信号系统;ATC

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2021.12.128

1. 城市轨道交通信号系统概述

城市轨道交通信号系统是城市轨道交通最基础的控制系 统,不仅影响着轨道交通的行车速度及列车运行间隔,而且影响列车通过能力及输送能力,同时信号系统也是安全行车的重要保证,信号系统是衡量城市轨道交通先进程度的一个重要方面。根据城市轨道交通高密度、短间隔的特点,城市轨道交通从传统的以地面信号为主发展为列车自动控制和自动调整追踪间隔的方式。目前国内主要采用基于无线通信的移动闭塞系统CBTC(Communication Based Train Control,基于通信的列车运行控制系统)。

2. ATC系统组成及功能

列车自动控制系统是城市轨道交通信号系统最重要的组成部分,它实现行车指挥和列车运行自动化,能最大程度地保证列车运行安全,提高运输效率,减轻运营人员的劳动强度。

2.1 ATC系统组成

列车自动控制系统一般由四部分组成:列车自动监控系统ATS(Automatic Train Supervision),列车自动防护系统ATP(Automatic Train Protection),列车自动运行系统ATO(Automatic Train Operation),计算机联锁系统CI(Computer Interlocking)。

2.2 ATC系统功能

目前国内轨道交通信号系统大部分采用集中管理分散式控制方式原则,考虑线路长度、设备数量、控制距离等因素,将全线划分为一个或多个联锁区。每个联锁区内的车站按联锁设备配置的不同分为联锁设备集中站、输入输出终端站和非设备集中站,任一个区域设备故障,其对整个系统的影响相对较小。以下主要对基于无线通信的移动闭塞信号系统TGMT(西门子)系统进行论述。

2.2.1 基于无线通信的移动闭塞信号系统

西门子移动闭塞信号系统TGMT(Trainguard MT)通过无线通信系统实现车-地的双向实时通信,以轨道电路或计轴作为后备模式下的列车位置检测系统。TGMT以故障导向安全的SIMIS PC计算机联锁为基础,实现不同自动化级别、多种控

制模式下的混跑混运。全线分为联锁设备集中站SIMIS PC,现场输入输出ECC站及非设备集中站,SIEMIS PC的最基本配置是两台2取2配置的微型计算机。只有两台微型计算机的输出数据一致时,两个独立的比较器才允许将结果输出至处理器。如果比较器检测到错误,便启动SIMIS® PC的安全关机功能。系统的设计是:SIMIS® PC的安全关机功能总能阻止程序的继续进行,实现故障导向安全状态。ECC采用3取2配置可提供高可用性,该系统配有三台结构相同,指令同步的计算机,即使一条通道发生故障时,也不会影响安全性。计算机联锁系统实现全电子联锁直接对信号机、转辙机、轨道空闲检测设备及其他室外设备进行监控,节省更多的设备降低了成本,维护更方便。

TGMT车载子系统通过无线通信网络与轨旁设备进行实时双向通信,轨旁将移动授权、临时限速、跳停、扣车及线路数据等信息传输给车载ATP;同时车载ATP也实时的将列车位置、列车完整性、列车控制等级、列车驾驶模式、屏蔽门的相关信息传输给轨旁ATP子系统,通过双方信息的实时交换,车载ATP计算列车安全运行曲线,通过ATO实现对列车的自动控制。

3. 信号系统与外专业接口信息及作用

城市轨道交通信号系统与外专业接口系统主要有:综合监控系统ISCS、乘客信息系统PIS、无线通信系统(RAD)、广播系统(PA)、主时钟系统(CLK)、站台安全门(PSD)等。信号系统与外专业接口主要通过联锁子系统及ATS子系统接口,相互传输信息,便于对设备运行状态的监控、运营组织、以及提升乘客体验。其中PIS、RAD、PA、CLK、ISCS与ATS接口一般位于控制中心信号系统中央前端处理器(CFEP),采用以太网双网冗余方式连接。

3.1 与综合监控系统接口及作用

信号系统与综合监控系统接口主要包含车站和中心接口:

车站本地综合后备盘(IBP)与车站ATS子系统及联锁子系统接口。与车站ATS子系统接口,IBP提供扣车及越站信息通过电气接口传递给ATS系统,从而实现本地对站列车

的扣车及跳停控制。此功能目前也有部分线路已经取消，本地扣车、跳停功能通过信号系统本地控制工作站直接输出，减少与外专业接口及设备。

与联锁子系统接口，IBP提供紧急停车信息通过电气接口传递给联锁子系统，用于特殊情况下使站台部位列车紧急停车，禁止进站、出站或站台列车的移动。

综合监控系统传递给ATS系统的信息主要有：供电区域数目及牵引供电状态，信号系统通过此信息在中心人机界面显示供电区域及状态，便于运营调度人员对接触网供电状态的时时监督。

中央ATS子系统传递给综合监控系统的信息主要有：列车识别号、区间运行是否超时、列车位置、站台信息（本次列车到站剩余时间、下次列车状态及目的地）、信号设备报警信息及设备状态等。此信息主要用于运营调度人员对列车运行状态的实时监督，并在区间列车发生阻塞的情况下由综合监控系统开启阻塞模式（区间通风、空调等）。

3.2与乘客信息系统接口及作用

乘客信息系统与信号系统中央ATS子系统进行接口，接口位于控制中心信号系统中央前端处理器，采用以太网双网冗余方式连接。

乘客信息系统根据信号系统提供的信息，通过站台显示器及车载显示器告知乘客列车到离站信息及列车目的地信息。便于乘客选择需登乘列车，并可准确告知列车到站发车时间，从而便于乘客合理安排时间。

3.3与无线通信系统接口及作用

中央ATS子系统传输给无线通信系统的信息主要有：目的地编号、服务号、旅程号、乘务员编号、轨道编号、驾驶方向、头部车组编号、尾部车组编号、列车事件（上线、下线）等。此信息主要用于列车调度管理员对全线运营列车的监督，根据此信息列车调度管理员可选择与不同列车之间通过无线列调系统进行无线通信（单呼、组呼、群呼等），同时也便于在异常情况下调度管理人员与驾驶员紧急联络。

信号系统车-地通信以往通过WiFi进行通信，近几年来LTE-M无线通信技术已普遍用于各大城市轨道交通系统中，以及未来的5G通信也陆续开始试运行。无线通信系统为信号系统车-地通信提供传输通道。接口分别位于轨旁中央信号设备室轨旁通信服务器及车载无线列车单元。轨旁接口形式一般为网络接口，双网双通道冗余，共6个通道。车载接口基本都为特殊接口形式，根据不同供货商通信板的接口形式来定，列车首尾各一个接口。

3.4与广播系统接口及作用

中央ATS子系统传输给广播系统的信息主要有：下一列车的目的地、下一列车的服务号、下一列车的行程号、下一列车的到站时间、列车接近、进站提示、列车是否越站提示、列车是否为末班车等。广播系统通过接收到的信息，经处理

后通过车站广播告知乘客关于列车的相关信息，便于乘客疏导及登乘安排。

3.5与主时钟系统接口及作用

主时钟系统提供标准时间信息给信号系统，实现信号系统与主时钟系统及其他系统的时钟同步，以便于日常运营指挥及故障分析。

3.6与站台安全门系统接口及作用

站台安全门与信号系统接口位于信号系统各车站信号设备室，通过电气接口与联锁子系统进行信息交互。

信号系统传输站台门开门指令、关门指令及门使能信息给站台门系统，站台门系统通过此信息来控制站台门的开关，便于乘客上下车。站台门系统传输站台门状态信息：关门且锁闭、互锁解除信息给信号系统，当信号系统收到关门且锁闭信息时，控制列车移动，一旦此信息丢失，列车立即进行紧急制动，确保乘客安全；互锁解除信息是站台门故障情况下，如站台门实际已关闭，但关门且锁闭信息无法输出给信号系统时，通过站台运营工作人员确认后，可将此信息输出至信号系统，用于列车发车，保证运营的正常安全进行。

近年来无人驾驶系统已有多个城市开通运营，与常规CBTC信号系统相比，对信号系统与站台安全门的接口提出更高地要求。增加车门与站台安全门的对位隔离功能，车载系统会将车门的每一扇门的状态信息通过车-地通信传至轨旁联锁子系统，再通过网络接口输出至站台安全门系统；同时站台安全门系统也将站台安全门状态信息通过联锁子系统再传输给车载。从而确保在列车车门或站台安全门在某一扇门故障时，对应对方的门也将保持不动作，确保乘客的安全。

4. 结论

随着城市轨道交通的快速发展，面对运营与建设成本压力的增大必将要求信号系统更高的集成化；并且随着无线通信技术的发展、5G的应用，信号与通信的高度集成化也将成为未来的发展趋势。通过实现车-车之间的通信，实现列车的自动追踪控制，对后备模式、轨旁设备的大量删减也将成为趋势，以降低轨道交通建设、运维成本。

信号系统与外部专业接口，目前主要为网络接口及电气接口，与各接口之间交互信息多、接口复杂。随着网络技术的发展，近年来云计算技术已逐步运用于轨道交通行业，对信号系统内部及信号系统与外专业接口信息交互，若能通过云平台实现，将大大减少各系统之间的接口，提高数据共享及运算效率，降低运维成本。

参考文献

- [1]毛保华.城市轨道交通规划与设计[M].北京:人民教育出版社,2011:3-8.
- [2]林瑜筠.城市轨道交通运输设备[M].北京:中国铁道出版社,2008:36-51.